01 Theme. 평형과 안정성

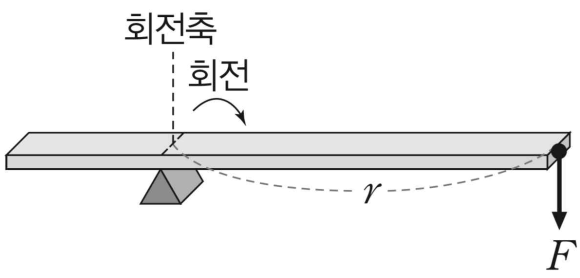
[개념편]

INTRO

움직이지 않는 안정된 구조물을 역학적 평형 상태에 있다고 합니다. 구조물의 역학적 평형을 설명하기 위해서는 힘의 평형과 돌림힘의 평형이 필요합니다. 힘을 F, 돌림힘을 τ로 나타낼 때,

$$\text{힘의 평형} : \sum F = 0$$

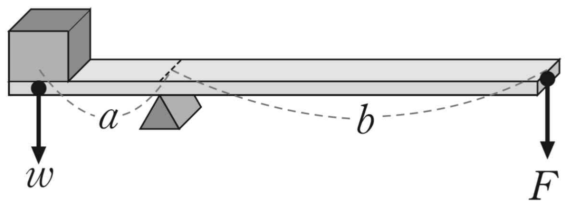
$$\text{돌림힘의 평형} : \sum \tau = 0$$



그림과 같이 회전축으로부터 일정한 거리 r만큼 떨어진 지점에 힘 F가 연직 방향으로 가해지면, 회전축에는 회전 운동을 변화시키는 물리량인 돌림힘(토크)가 발생합니다. 이때, 돌림힘의 크기 τ는

$$\tau = r \times F \ (\text{단위} : \mathrm{N \cdot m})$$

돌림힘의 크기는 회전 팔과 힘의 방향이 서로 수직일 때 가장 크고, 서로 나란할 때 0입니다.

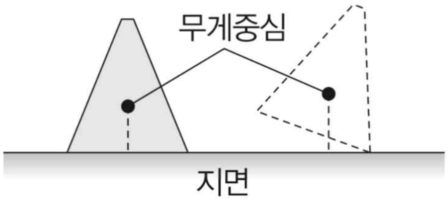


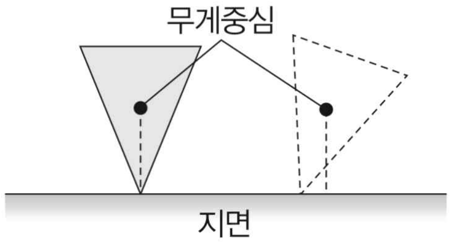
무게가 w인 물체를 왼쪽에 두었을 때, 지레가 움직이지 않는다면 이는 역학적 평형 상태이고

힘의 평형과 돌림힘의 평형을 만족해야 합니다.

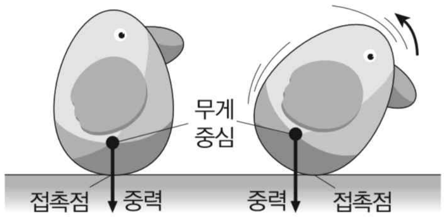
따라서 받침대가 지레에 가하는 힘은 $w+F$가 되고,

돌림힘의 평형에서 $w \cdot a = F \cdot b$, $F = \dfrac{a \cdot w}{b}$입니다.





무게중심은 물체를 이루는 입자들의 전체 무게가 물체의 한 곳에 작용한다고 볼 수 있는 점입니다. 구나 정육면체 등 대칭인 형태이고 균일한 물질로 이루어진 물체의 경우 무게중심은 물체의 중앙에 놓이게 됩니다. 일반적으로 물체는 바닥이 넓고 무게중심이 낮을수록 안정적입니다.
돌림힘을 생각할 때, 질량 중심 위치에서의 무게에 의한 힘만을 생각해도 충분합니다.



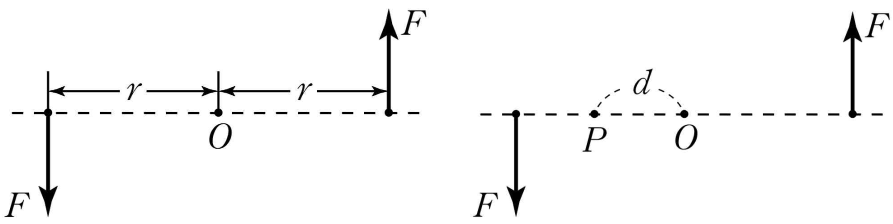
그림과 같이 물체가 기울어지게되면, 접촉점을 축으로 하여 중력에 의한 돌림힘이 작용하는데 기울어진 방향과 반대 방향의 돌림힘이 작용하게 되는 경우 원래의 안정한 상태로 되돌아가게 됩니다. 이와 같이 평형 위치에서 벗어난 물체를 원래 위치로 되돌리려는 힘을 복원력이라고 합니다.

01 Theme. 평형과 안정성

[수능편]

사실 이 단원은 올해 처음 추가된 단원인 만큼, 물리학2의 내용보다는 기존 물리1의 내용이 많습니다.

우선 올해 출시되는 수능특강과 6월, 9월 평가원 시험 등 출제 방향 등을 고려하여 내용이 수정될 수 있습니다.



그림과 같이 힘의 크기가 같고 방향이 반대인 두 힘을 우력이라고 합니다.

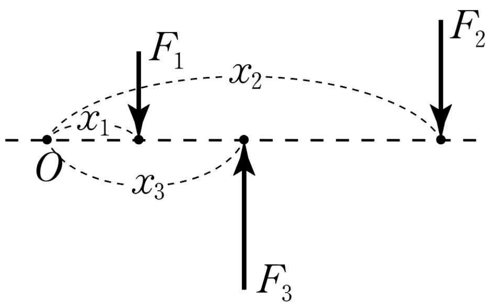
우력에 의해 점 O에 발생하는 돌림힘의 크기 $M_O=2rF$입니다.

이때 점 O에서 임의의 거리 d만큼 떨어진 점 P에서 돌림힘의 크기를 구해보면,

$$M_P=(r-d)F+(r+d)F=2rF$$

즉, 직선상에서 우력에 의한 돌림힘은 일정합니다.

따라서, 힘의 평형 상태에서 돌림힘의 평형을 생각할 때 회전축은 자유롭게 설정해도 무방합니다.



다음과 같이 임의의 두 힘 F_1, F_2에 대해 힘의 평형을 만족하는 F_3를 생각해봅시다.

F_3가 F_1, F_2가 O에 발생시키는 돌림힘과 같은 크기의 돌림힘을 발생시킨다면

$x_1F_1+x_2F_2=x_3F_3$, $F_3=F_1+F_2$이므로

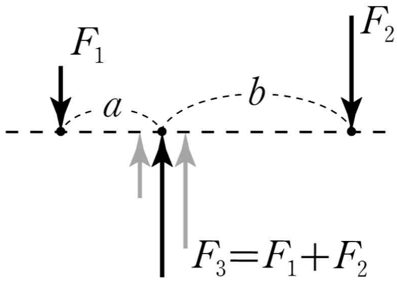
$$x_3=\frac{x_1F_1+x_2F_2}{F_1+F_2}$$

그렇다면, F_3와 크기가 같고 방향이 반대인 힘 $F_3{}'$을 생각했을 때,

힘의 평형과 돌림힘의 평형을 고려한다면,

F_1과 F_2를 따로 고려할 필요 없이 적절한 위치(x_3)의 $F_3{}'$만을 생각해도 무방함을 알 수 있습니다.

합력의 크기와 작용하는 돌림힘의 크기가 같으니까요. x_3를 F_1과 F_2의 무게중심이라고 생각해도 좋습니다.



이제 같은 상황을 우력으로 해석해봅시다.

F_3를 F_1과 F_2의 합력으로 보면,

크기가 F_1인 우력은 반시계 방향의 돌림힘을, F_2인 우력은 시계 방향의 돌림힘을 만들게 됩니다.

직선상의 임의의 점을 기준으로 하더라도 우력에 의한 돌림힘은 같으니,

돌림힘의 평형으로부터 $2aF_1 = 2bF_2$이므로,

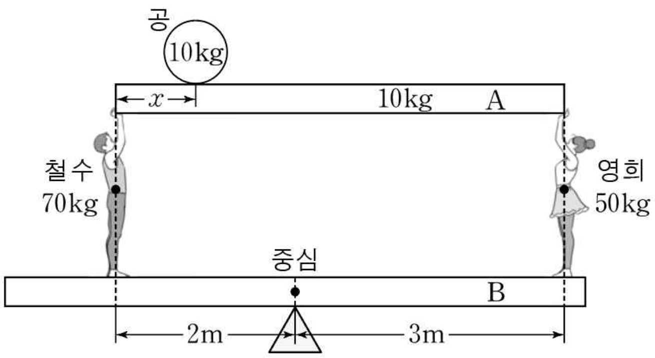
$$a : b = F_1 : F_2$$

내분점의 의미를 보다 직관적으로 이해할 수 있죠.

혹은, F_3가 주어진 상황에서 두 지점에 F_1과 F_2를 결정할 수도 있습니다.

이걸 무게 배분이라고 하는데, 사실 무게중심을 통한 풀이와 근본적으로 차이가 없죠.

구체적인 예시를 통해 확인해봅시다.



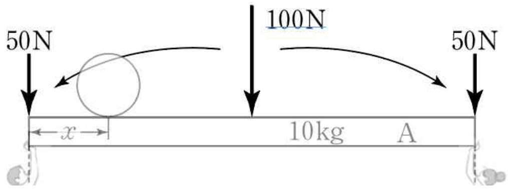
141120

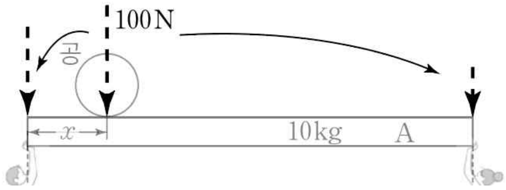
위 그림의 상황을 해석해봅시다.

우선 A의 힘의 평형과 돌림힘의 평형을 생각하고, 이후 철수와 영희가 A를 받치는 힘과 B를 미는 힘이 같고..

이제 B에서 힘의 평형과 돌림힘의 평형을 고려하면...

생각보다 복잡하죠.





우선 A의 막대의 무게가 어떻게 B로 전달되는지 따라가봅시다.

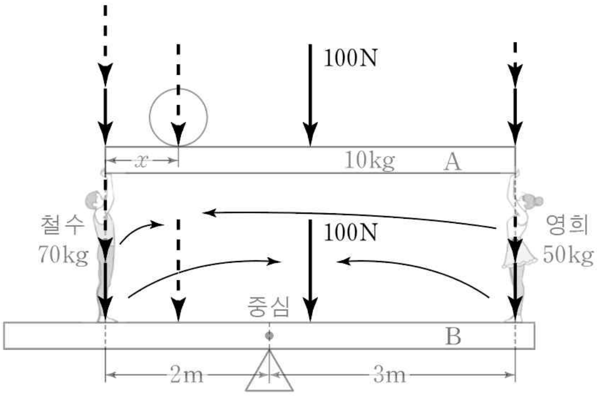
A막대의 무게 100 N은 우선 철수와 영희에게 50 N씩 전달됩니다.

$a:b=F_1:F_2$이고, A의 무게는 막대의 중심에 작용하니 철수와 영희는 무게를 50 N씩 나눠가지게 됩니다.

공의 무게를 봅시다.

공의 무게는 $x:5-x=F_1:F_2$를 만족하도록 철수와 영희에게 나눠지게 됩니다.

구체적인 수치는 중요하지 않으니 크기가 다른 점선 화살표로 표시하고 넘어가겠습니다.

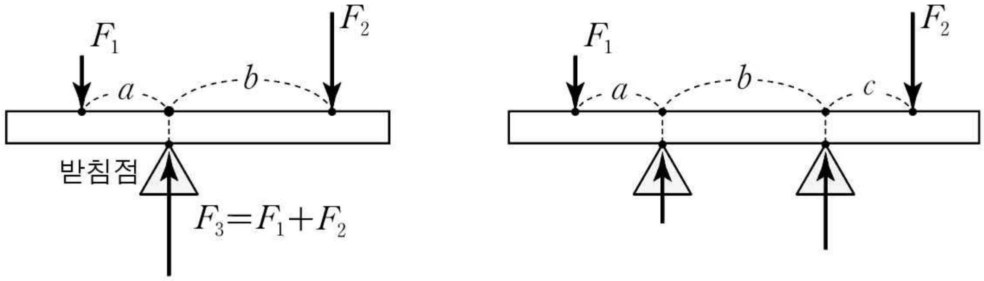


나눠진 힘들은 철수와 영희를 통해 B로 전달되고,

전달된 힘들을 다시 적절한 위치(x_3, 무게중심)에 작용하는 합력으로 생각해보면

결국 A에 작용하던 힘들이 그대로 B로 내려온 것처럼 생각할 수 있습니다.

문제의 풀이와 계산은 [문제편]에 있습니다.



한 개의 받침점에 대해서는, $aF_1 = bF_2$와 $F_3 = F_1 + F_2$를 만족하면 역학적 평형을 만족한다고 앞에서 했었죠.

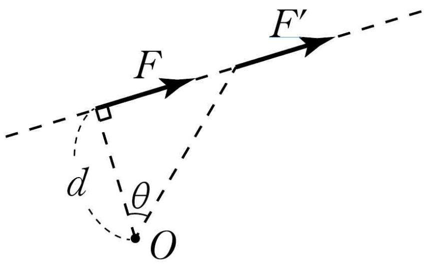
두 개, 혹은 그 이상의 개수의 받침점에 대해서 생각해봅시다.

우선 받침점이 막대(혹은 다른 물체)에 가하는 힘의 방향은 항상 위쪽(받치는 방향)*이 됩니다.

우선 F_1과 F_2의 무게중심을 고려한 뒤, 무게중심이 두 받침점 사이에 있다면

합력의 크기와 위치로부터 두 지점에 작용하는 힘의 크기를 각각 올바른 방향*으로 결정할 수 있습니다.

이를 받침점으로부터의 평형 유지 조건이라고 합니다.



힘 F에 대해 힘과 나란한 방향으로 F를 이동시킨 새로운 힘을 F'라고 합시다.

F와 F'이 점 O에 작용하는 돌림힘을 구해봅시다.

$$F \ : \ dF, \text{ 시계방향}$$

$$F' \ : \ d\frac{1}{\cos\theta} \cdot F' cos\theta = dF, \text{ 시계방향}$$

즉, 임의의 힘이 어떤 점에 작용하는 돌림힘의 크기와 방향은,

힘을 자기 자신과 나란한 방향으로 평행 이동시켜도 변하지 않습니다.

이를 이용해 예시로 들었던 상황을 분석해보면,

B의 중점에서 돌림힘을 생각할 때 A와 B, 철수와 영희를 같은 계로 생각하면

사실 모든 무게는 연직 방향으로 평행이동시켜 생각해도 무방합니다.

이는 2차원 돌림힘의 해석에서 중요한 역할을 하는데, 2차원 돌림힘이라는 주제를 교육과정에서 어떻게 다룰지 보고 내용을 추가하도록 하겠습니다.

Theme.

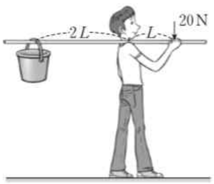
01 평형과 안정성

[문제편]

01

14학년도 예비시행 18번

18. 그림과 같이 철수가 물통이 매달린 막대를 어깨에 걸치고 손으로 막대에 연직 아래 방향으로 크기가 20 N 인 힘을 작용하였더니 막대가 수평인 상태로 정지하였다.



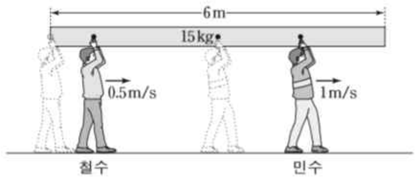
어깨가 막대를 떠받치는 힘의 크기는? (단, 막대의 질량은 무시한다.) [3점]

① 20 N ② 25 N ③ 30 N ④ 45 N ⑤ 50 N

02

14학년도 6월 19번

19. 그림과 같이 질량이 15 kg 인 균일한 직육면체 막대를 철수는 막대의 왼쪽 끝에서, 민수는 막대의 중심에서 떠받치고 있다가, 두 사람이 동시에 출발하여 각각 0.5 m/s, 1 m/s 의 속력으로 막대의 오른쪽으로 운동하고 있다. 철수와 민수가 움직이는 동안 막대는 수평을 유지하며 정지해 있다.



민수가 막대의 오른쪽 끝에 도달할 때까지에 대한 설명으로 옳은 것만을 〈보기〉에서 있는 대로 고른 것은? (단, 중력 가속도는 $10\,m/s^2$ 이다.) [3점]

〈보 기〉

ㄱ. 민수가 막대를 떠받치는 힘의 크기는 점점 작아진다.
ㄴ. 출발 후 2초인 순간, 두 사람이 막대를 떠받치는 힘의 크기가 같다.
ㄷ. 민수가 오른쪽 끝에 도달했을 때, 철수가 막대를 떠받치는 힘의 크기는 100 N 이다.

① ㄱ ② ㄷ ③ ㄱ, ㄴ ④ ㄴ, ㄷ ⑤ ㄱ, ㄴ, ㄷ

01 Solution 14학년도 예비시행 18번

물통의 무게를 w라 하면

돌림힘의 평형 조건에서

$20 \cdot L = w \cdot 2L$

$w = 10\ \mathrm{N}$

힘의 평형 조건에서

어깨가 막대를 떠받치는 힘의 크기 F는

$F = w + 20\ \mathrm{N} = 30\ \mathrm{N}$

따라서 답은 3번입니다.

02 Solution 14학년도 6월 19번

철수와 민수가 막대의 중심으로부터 떨어진 거리를 각각 a, b, 철수와 민수가 막대를 떠받치는 힘의 크기를 각각 F_A, F_B라 하면

힘의 평형에서 $F_\mathrm{A} + \mathrm{F_B} = 150\ \mathrm{N}$

돌림힘의 평형에서 $a \cdot F_\mathrm{A} = b \cdot F_\mathrm{B}$

연립하면 $F_\mathrm{A} = \dfrac{150b}{a+b}\ \mathrm{N}$, $F_\mathrm{B} = \dfrac{150a}{a+b}\ \mathrm{N}$

ㄱ. 민수가 오른쪽 끝에 도달하기 전까지, a는 작아지고 b는 커지므로 민수가 막대를 떠받치는 힘 F_B는 점점 작아집니다.

ㄴ. 출발 후 2초인 순간, $a = b$이므로 $F_\mathrm{A} = F_\mathrm{B}$입니다.

ㄷ. 민수가 오른쪽 끝에 도달했을 때, $a = 1.5\ \mathrm{m}$, $b = 3\ \mathrm{m}$이므로 $F_\mathrm{A} = \dfrac{150b}{a+b}\ \mathrm{N} = 100\ \mathrm{N}$입니다.

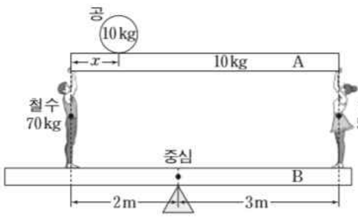
따라서 답은 5번입니다.

[실전 풀이]

F_A, F_B의 단일 합력의 위치가 막대의 무게중심의 위치와 같아야 하고, 크기가 막대의 무게와 같아야 합니다.

03 14학년도 수능 20번

20. 그림과 같이 받침대 위에 놓인 나무판 B 위에서 철수와 영희가 공이 놓여 있는 나무판 A의 양쪽 끝을 수직으로 떠받치고 있다. 직육면체 나무판 A와 B는 지면과 수평을 이루고 있으며 공은 정지해 있다. B의 중심에 놓인 받침대로부터 철수와 영희까지의 거리는 각각 2 m, 3 m이고, A의 길이는 5 m이다. 철수와 영희의 질량은 각각 70 kg, 50 kg이고, 공과 A의 질량은 각각 10 kg이다. 공과 A, B의 밀도는 균일하다.

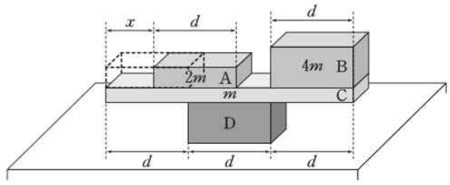


A의 왼쪽 끝에서 공까지의 거리 x는? (단, 중력 가속도는 $10\,m/s^2$이고, 나무판의 두께와 폭은 무시한다.) [3점]

① 0.5 m ② 0.6 m ③ 0.7 m ④ 0.8 m ⑤ 0.9 m

04 15학년도 수능 20번

20. 그림은 직육면체 나무 막대 A~D가 평형을 유지하고 있는 상태에서 A를 B 쪽으로 x만큼 이동시켰을 때, 평형을 계속 유지하고 있는 것을 나타낸 것이다. A, B, C의 질량은 각각 $2m$, $4m$, m이고, D는 수평한 책상면 위에 고정되어 있다.



평형을 유지하기 위한 x의 최댓값은? (단, 막대의 밀도는 균일하고, 마찰은 무시한다.) [3점]

① $\frac{1}{2}d$ ② $\frac{3}{5}d$ ③ $\frac{2}{3}d$ ④ $\frac{3}{4}d$ ⑤ $\frac{4}{5}d$

03 Solution 14학년도 수능 20번

B의 무게를 알 수 없으므로 B의 중심을 기준으로 돌림힘의 평형식을 세우면,

$70 \cdot 2 + 10 \cdot (2 - x) = 10 \cdot 0.5 + 50 \cdot 3$

위에서 중력 가속도는 약분하였습니다. 이후에도 중력 가속도를 약분한 식이 나올 수 있습니다.

$x = 0.5\ \mathrm{m}$

따라서 답은 1번입니다.

04 Solution 15학년도 수능 20번

평형 유지 조건으로부터 A, B, C의 무게중심이 D 위에 있어야 합니다.

x가 최대일 때, A, B, C의 무게중심은 D의 오른쪽 모서리에 위치하게 되므로 (중력 가속도를 나눠주면)

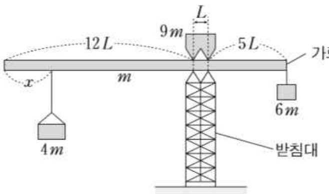
$$2d = \frac{2m(x + 0.5d) + m \cdot 1.5d + 4m \cdot 2.5d}{7m}$$

$$x = \frac{3}{4}d$$

따라서 답은 4번입니다.

05 16학년도 수능 20번

20. 그림은 받침대 위에 놓인 가로 빔이 수평으로 평형을 유지하고 있는 모습을 나타낸 것이다. 두 받침점 사이의 간격은 L이고, 빔의 길이는 $18L$, 빔의 질량은 m이다. 빔의 왼쪽 끝에서부터 길이 x만큼 떨어진 지점에 매달린 물체, 빔 위에 놓인 물체, 빔의 오른쪽 끝에 매달린 물체의 질량은 각각 $4m$, $9m$, $6m$이다.

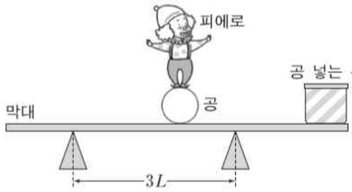


평형이 유지되는 x의 최댓값과 최솟값의 차는? (단, 빔의 밀도는 균일하며 빔의 두께와 폭은 무시한다. 빔 위에 놓인 물체는 좌우 대칭이고, 밀도는 균일하다.) [3점]

① $4L$ ② $5L$ ③ $6L$ ④ $7L$ ⑤ $8L$

06 17학년도 6월 20번

20. 그림과 같이 피에로가 받침대 위에 놓인 수평인 막대 위의 공 위에 서 있다. 받침대 사이의 거리는 $3L$이고, 공 넣는 통은 막대 위에 고정되어 있다. 수평으로 평형을 유지하며 피에로가 공 위에 서 있을 수 있는 가장 왼쪽 지점과 가장 오른쪽 지점 사이의 거리는 $4L$이다. 막대와 통의 질량의 합은 m_1이고, 피에로와 공의 질량의 합은 m_2이다.



$m_1 : m_2$는? [3점]

① 1 : 5 ② 1 : 4 ③ 1 : 3 ④ 2 : 5 ⑤ 2 : 3

05 Solution 16학년도 수능 20번

평형 유지 조건으로부터,

$$12L \le \frac{4m \cdot x + m \cdot 9L + 9m \cdot 12.5L + 6m \cdot 18L}{20m} \le 13L$$

따라서 x의 최댓값은 $\frac{61}{8}L$

x의 최솟값은 $\frac{21}{8}L$

차는 $5L$

따라서 답은 2번입니다.

[실전 풀이]

전체 질량은 $20m$, 움직이는 물체의 질량은 $4m$이므로

돌림힘의 변화량을 생각해보면

$4m \cdot \Delta x = 20m \cdot L$

$\therefore \Delta x = 5L$

06 Solution 17학년도 6월 20번

왼쪽 받침점을 원점으로 하고 피에로의 위치를 x,

막대와 통의 무게중심의 위치를 y라 합시다.

평형 유지 조건으로부터,

$$0 \le \frac{x \cdot m_2 + y \cdot m_1}{m_1 + m_2} \le 3L$$

이 때 x의 최솟값과 최댓값을 각각 x_1, x_2로 두면

$$\frac{x_1 \cdot m_2 + y \cdot m_1}{m_1 + m_2} = 0 \quad \cdots\cdots\cdots \text{①}$$

$$\frac{x_2 \cdot m_2 + y \cdot m_1}{m_1 + m_2} = 3L \quad \cdots\cdots\cdots \text{②}$$

②에서 ①을 빼면.

$(x_2 - x_1)m_2 = 3L(m_1 + m_2)$

문제에서 $x_2 - x_1 = 4L$이므로

$m_2 = 3m_1$

따라서 답은 3번입니다.

[실전 풀이]

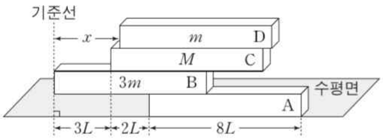
전체 질량은 $m_1 + m_2$, 움직이는 물체의 질량은 m_2이므로

$m_2 \cdot \Delta x = (m_1 + m_2) \cdot 3L$, $\Delta x = 4L$

07

18학년도 6월 18번

18. 그림은 길이가 $8L$인 직육면체 막대 A, B, C가 수평으로 평형을 유지하고 있는 상태에서 길이가 $8L$인 직육면체 막대 D를 A~C와 길이 방향으로 나란하게 놓은 모습을 나타낸 것이다. B, C, D의 질량은 각각 $3m$, M, m이다. A~D가 수평으로 평형을 유지할 때, 기준선에서 D까지 거리 x의 최댓값과 최솟값의 차는 $6L$이다.



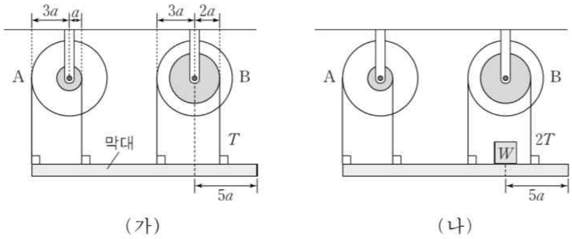
M은? (단, 막대의 두께와 폭은 같고, 밀도는 각각 균일하다.) [3점]

① $2m$ ② $3m$ ③ $4m$ ④ $5m$ ⑤ $6m$

08

18학년도 9월 18번

18. 그림 (가)와 같이 길이가 $18a$인 막대가 두 축바퀴 A, B에 실로 연결되어 평형 상태에 있다. 그림 (나)는 (가)에서 막대의 오른쪽 끝에서 $5a$만큼 떨어진 지점에 무게가 W인 물체를 올려 놓았을 때, 막대가 평형을 유지하고 있는 모습을 나타낸 것이다. (가), (나)에서 B의 작은 바퀴의 실이 막대를 당기는 힘의 크기는 각각 T, $2T$이다. 축바퀴의 큰 바퀴와 작은 바퀴의 반지름은 A가 각각 $3a$, a이고, B가 각각 $3a$, $2a$이다.



막대의 무게는? (단, 막대의 밀도는 균일하고, 막대의 폭과 두께, 실의 질량, 물체의 크기, 축바퀴의 두께 및 마찰은 무시한다.) [3점]

① $\frac{2}{3}W$ ② W ③ $\frac{4}{3}W$ ④ $\frac{5}{3}W$ ⑤ $2W$

07 Solution 18학년도 6월 18번

x가 최소와 최대일 때, 어느 축을 기준으로 평형이 깨지는지 확인해봅시다.

M이 매우 크다면, D의 움직임에만 의존하여 C의 양 끝을 기준으로 평형이 좌우될 수 있습니다. 이 문항은 적절한 M에 대하여 x의 최댓값과 최솟값이 $6L$이 되는 M의 값을 물어보는 문항입니다.

우선 x가 최소일 때는, B, C, D가 A의 왼쪽 끝을 축으로 무너지게 되고, x가 최대일 때 C, D가 B의 오른쪽 끝을 축으로 무너지게 됩니다.*

$$\frac{4L\cdot 3m+7L\cdot M+(x_1+4L)\cdot m}{4m+M}=5L$$

$$\frac{7L\cdot M+(x_2+4L)\cdot m}{m+M}=8L$$

$x_2-x_1=6L$임을 이용하면,

$M=2m$

따라서 답은 1번입니다.

*상황에 대한 추가적인 논의

x가 최소일 때)

B의 왼쪽 끝을 기준으로 무너지는건 불가능하니, C의 왼쪽 끝을 기준으로 무너지는 경우가 있습니다.

x가 최대일 때)

A의 오른쪽 끝을 기준으로 무너지는건 불가능하니, C의 오른쪽 끝을 기준으로 무너지는 경우가 있습니다.

08 Solution 18학년도 9월 18번

막대의 무게를 W'로 두면,

(가)에서 무게 배분에 의해

$$\frac{5}{3}W'=\frac{5}{3}T$$

(나)에서 B의 오른쪽 실의 장력이 두배가 되었으므로 힘의 평형에 의해

$$W=\frac{5}{3}T$$

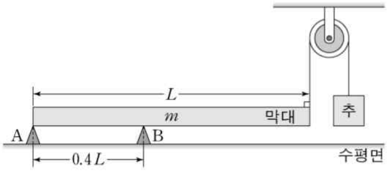
따라서 $W'=\frac{5}{3}W$

따라서 답은 4번입니다.

축바퀴 : 왼쪽과 오른쪽의 돌림힘이 평형을 이룹니다.

09
19학년도 6월 18번

18. 그림과 같이 받침대 A, B 위에 놓인 길이가 L, 질량이 m인 막대가 수평 상태를 유지하고 있다. 막대의 오른쪽 끝은 도르래를 통해 실로 추와 연결되어 있고, 왼쪽 끝은 A 위치에 있다. A와 B 사이의 거리는 $0.4L$이다.

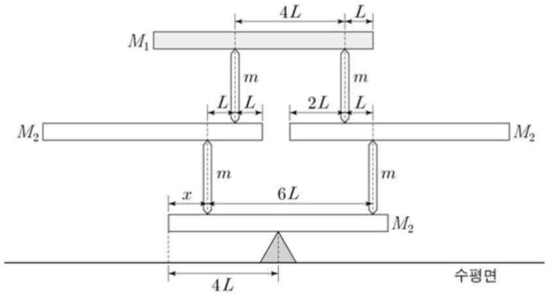


막대가 수평 상태를 유지할 때, A, B가 막대를 받치는 힘의 크기의 차가 최소가 되는 추의 질량은? (단, 막대의 밀도는 균일하고, 막대의 두께와 폭, 실의 질량, 마찰은 무시한다.) [3점]

① $\frac{1}{6}m$ ② $\frac{2}{9}m$ ③ $\frac{1}{3}m$ ④ $\frac{3}{8}m$ ⑤ $\frac{1}{2}m$

10
20학년도 수능 19번

19. 그림은 질량이 각각 M_1, M_2, m인 막대를 이용하여 쌓은 구조물이 평형을 이루고 있는 모습을 나타낸 것이다. 수평으로 놓은 막대의 길이는 $8L$로 모두 같고, 연직으로 세운 막대의 길이는 모두 같다.



x는? (단, 막대는 밀도가 균일하고, 두께와 폭은 무시한다.) [3점]

① $\frac{4}{3}L$ ② $\frac{3}{2}L$ ③ $\frac{8}{5}L$ ④ $\frac{5}{3}L$ ⑤ $\frac{7}{4}L$

09 Solution 19학년도 6월 18번

추의 무게에 따른 막대와 추의 무게중심의 위치를 생각해봅시다. 추의 무게가 증가함에따라, 무게중심의 위치는 막대의 중점에서 왼쪽으로 점점 이동하게됩니다.

A, B가 막대를 받치는 힘의 크기의 차가 최소가 될 때, 막대와 추의 무게중심의 위치가 A와 B 중점에 있는 경우를 생각할 수 있습니다.

추의 무게를 M이라 하면

$$\frac{0.5L \cdot m - L \cdot M}{m - M} = 0.2L$$

혹은

$0.2L$을 기준으로 돌림힘을 계산하면

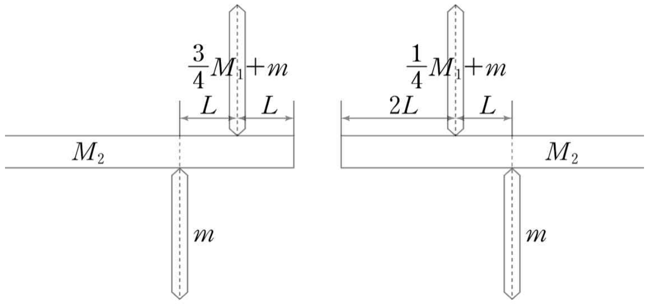
$0.3L \cdot m = 0.8L \cdot M$

$$M = \frac{3}{8}m$$

따라서 답은 4번입니다.

10 Solution 20학년도 수능 19번

M_1은 $\frac{3}{4}M_1$, $\frac{1}{4}M_1$으로 세운 막대로 전달됩니다.

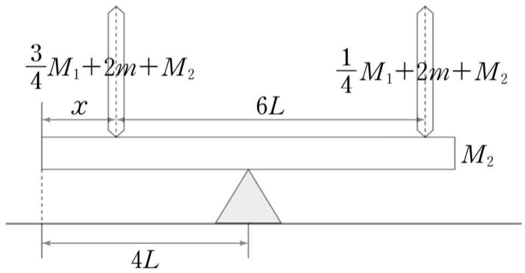


가운데 왼쪽 막대의 돌림힘 평형으로부터

$\frac{3}{4}M_1 + m = 2M_2$ ……… ①

가운데 오른쪽 막대의 돌림힘 평형으로부터

$\frac{1}{4}M_1 + m = M_2$ ……… ②



막대 중심에서의 돌림힘의 평형으로부터

$$\left(\frac{3}{4}M_1 + 2m + M_2\right)(4L - x) = \left(\frac{1}{4}M_1 + 2m + M_2\right)(2L + x)$$

①, ②를 이용해 풀면

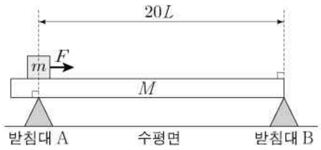
$M_1 = 4m$, $M_2 = 2m$

$$x = \frac{3}{2}L$$

따라서 답은 2번입니다.

11 21학년도 9월 19번

19. 그림과 같이 간격이 $20L$인 두 받침대 A, B 위에 질량 m인 물체와 질량 M인 균일한 밀도의 막대가 수평을 이루며 정지해 있고, A와 물체는 같은 연직선상에 있다. 시간 $t=0$일 때 정지해 있던 물체가 수평 방향의 일정한 힘 F를 받아 막대 위를 움직이기 시작한다. 표는 $t=0$, t_0일 때, A, B가 막대를 떠받치는 힘의 크기를 나타낸 것이다.



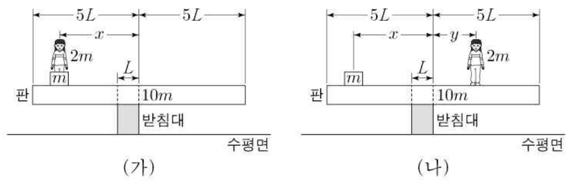
t	떠받치는 힘의 크기	
	받침대 A	받침대 B
0	$\frac{3}{4}Mg$	$\frac{9}{20}Mg$
t_0	$\frac{7}{10}Mg$	$\frac{1}{2}Mg$

F의 크기는? (단, 중력 가속도는 g이며, 막대의 두께와 폭, 물체의 크기와 모든 마찰은 무시한다.) [3점]

① $\frac{ML}{t_0^2}$ ② $\frac{3ML}{2t_0^2}$ ③ $\frac{2ML}{t_0^2}$ ④ $\frac{5ML}{2t_0^2}$ ⑤ $\frac{3ML}{t_0^2}$

12 21학년도 수능 19번

19. 그림 (가)와 같이 물체를 든 사람이 받침대 위에 놓인 판의 중심에서 출발하여 판이 수평을 유지할 수 있는 가장 먼 곳까지 거리 x만큼 이동한 후 물체를 가만히 내려놓았다. 그림 (나)는 (가)에서 사람만 반대 방향으로 움직여 판이 수평을 유지할 수 있는 가장 먼 곳까지 이동한 것을 나타낸 것이다. 이때 사람과 판의 중심 사이의 거리는 y이다. 사람, 물체, 판의 질량은 각각 $2m$, m, $10m$이다. 받침대와 판의 길이는 각각 L, $10L$이다. 판의 중심은 받침대의 오른쪽 끝에 있다.



y는? (단, 판의 밀도는 균일하며, 판의 두께와 폭, 사람과 물체의 크기는 무시한다.)

① $\frac{5}{3}L$ ② $\frac{11}{6}L$ ③ $2L$ ④ $\frac{13}{6}L$ ⑤ $\frac{7}{3}L$

11 Solution 21학년도 9월 19번

무게 배분을 생각하면서,

$t=0$일 때 받침대 B가 막대를 떠받치는 힘의 크기(반력)은

$\frac{9}{20}Mg$이므로 나머지 $\frac{11}{20}Mg$는 A의 반력이 됩니다.

$t=0$일 때 A의 반력은 질량이 m인 물체와 배분된 막대의 무게와 같으므로

$m=\frac{1}{5}M$

(여기서 $M=5m$으로 할지 이렇게 할지 고민되지만, 보기를 살짝 보면 어떻게 해야할지 보입니다.)

이제 $t=t_0$일 때, B의 반력은 배분된 질량 m인 물체의 무게와 배분된 막대의 무게와 같으므로

배분된 질량 m인 물체의 무게를 W로 잠깐 두면

$\frac{1}{2}Mg=W+\frac{9}{20}Mg$

따라서 $W=\frac{1}{20}Mg=\frac{1}{4}mg$

즉, 무게 배분이 $3:1$로 되었음을 확인할 수 있고

따라서 $t=t_0$일 때 질량이 m인 물체는 받침대 A로부터

$5L$만큼 떨어진 지점을 지나가야 합니다.

이제 마무리하면

$\frac{1}{2}\frac{5F}{M}t_0^2=5L$

따라서 $F=\frac{2ML}{t_0^2}$

12 Solution 21학년도 수능 19번

(가)에서 판이 수평을 유지할 수 있는 가장 먼 곳일 때,

받침대 왼쪽을 축으로 돌림힘의 평형식을 써보면

$(x-L)\cdot 3m=L\cdot 10m$

(나)에서 받침대 오른쪽을 축으로 돌림힘의 평형식을 써보면

$y\cdot 2m=x\cdot m$

$y=\frac{13}{6}L$

따라서 답은 4번입니다.